



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 196 36 226 A 1**

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**F 02 D 41/14**

21 Aktenzeichen: 196 36 226.1  
22 Anmeldetag: 6. 9. 96  
43 Offenlegungstag: 12. 3. 98

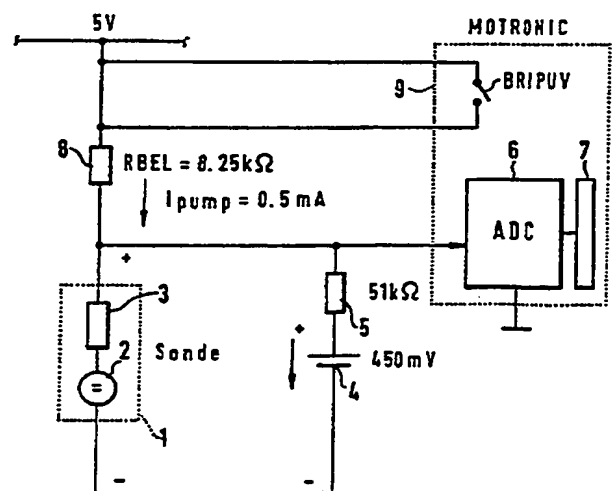
DE 196 36 226 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Schnaibel, Eberhard, 71282 Hemmingen, DE;  
Junginger, Erich, 70191 Stuttgart, DE; Raff, Lothar,  
71686 Remseck, DE

54 **Lambdasondeninnenwiderstandsbestimmung**

57 Offenbart wird eine Vorrichtung zur Bestimmung des Innenwiderstandes einer Lambdasonde mit einem Pluspol, - einem Rechner, der wenigstens einen Rechnerport mit veränderbarem Schaltzustand und einen Signaleingang besitzt und der aus den variablen, an seinem Signaleingang anliegenden Werten und weiteren fest vorgegebenen Werten den Innenwiderstand der Lambdasonden berechnet, - mit einer Spannungsquelle, deren Pluspol über den Rechnerport und einen Meßwiderstand mit dem Pluspol der Lambdasonde verbunden ist, - und mit einer direkten elektrischen Verbindung des Pluspols der Lambdasonde mit einem dem Signaleingang des Rechners vorgeschalteten Analog-/Digitalwandler.



DE 196 36 226 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 702 071/265

6/22

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Innenwiderstands von Lambdasonden vom Nernsttyp.

## Stand der Technik

Der Innenwiderstand einer Lambdasonde wird wesentlich von ihrer Temperatur beeinflusst und kann daher auch als Ersatzgröße für die Sondentemperatur herangezogen werden. Die Kenntnis der Sondentemperatur ist für mehrere Zwecke nützlich. Unter anderem erlaubt die Kenntnis der Sondentemperatur eine Diagnose der Sondenheizung, wie sie bspw. von der amerikanischen Umweltbehörde CARB gefordert wird. Es sind bereits verschiedene Methoden der Innenwiderstandsbestimmung bekannt. Eine bekannte Methode beruht darauf, der Sonde ein Wechselstromsignal einzuprägen, das sich in der Frequenz vom Sondernutzsignal unterscheidet, so daß beide Signalanteile durch Frequenzfilterung trennbar sind. Die Amplitude des nach der Filterung erhaltenen Wechselstromsignals ist von der Temperatur der Sonde und damit von deren Innenwiderstand abhängig und daher als Temperaturersatzgröße geeignet.

Bei einem aus der EP 377 600 bekannten Innenwiderstandsbestimmung wird der Pluspol der Sonde zeitlich getaktet über einen Meßwiderstand an Masse gelegt. Das Signal wird in beiden Taktphasen über einen Vorverstärker an einen Rechner übergeben, der daraus und aus den bekannten Werten der Schaltung den Innenwiderstand der Sonde berechnet.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Angabe einer Vorrichtung zur Messung des Innenwiderstands der Sonde mit einer minimalen Hardwarekonfiguration.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Im anzustrebenden Idealfall, für den die Strom-Spannungs- und Widerstandswerte der Schaltung auszuliegen sind, kann eine taktweise Verbindung des Sondenpluspols mit dem Pluspol einer Versorgungsspannungsquelle direkt über einen Rechnerport ohne Zwischenschaltung eines Schalttransistors erfolgen.

Die zur Innenwiderstandsbestimmung erforderliche Zusatzhardware beschränkt sich in diesem Fall auf einen Meßwiderstand, was Vorteile hinsichtlich der Kosten der Schaltung eröffnet.

Von besonderem Vorteil ist es, den Pluspol der Sonde nicht getaktet auf Masse, sondern auf den Pluspol einer Versorgungsspannungsquelle zu schalten. Der Pluspol der Sonde wird durch die dem Referenzgas zugewandte Elektrode gebildet während der Minuspol durch die dem Abgas zugewandte Elektrode realisiert wird. Bei Sonden mit gepumpter Referenz muß das Referenzgas gewissermaßen innerhalb der Sonde durch Zupumpen von Sauerstoff gebildet werden. Dadurch, daß der Pluspol der Sonde für die Innenwiderstandsbestimmung an den Pluspol der Versorgungsspannung gelegt wird, dient der zur Innenwiderstandsbestimmung fließende Strom gleichzeitig als Pumpstrom zur Aufrechterhaltung der gepumpten Referenzatmosphäre. Der Strom wird innerhalb des Sonderelektrolyten von negativen Sauerstoffionen getragen, die zum Pluspol, also vom Abgas zur Referenzatmosphäre gepumpt werden.

Von besonderem Vorteil ist, daß sich durch eine Variation des Zeitrasters sowohl die für Diagnosezwecke

gewünschte Innenwiderstandsbestimmung bei Sonden mit gepumpter Referenz und mit Luftreferenz als auch die getaktete Pumpstromsteuerung für die Sonden mit gepumpter Referenz durchführen läßt. Die auf der erfindungsgemäßen Vorrichtung basierende Diagnose ist daher bei beiden Sondentypen ohne Hardwareänderung anwendbar. Derzeit für Sonden mit Luftreferenz entwickelte Diagnosekonzepte müssen daher bei einer Umstellung des Sondentyps ggf. nur marginal im Softwarebereich der Portansteuerung geändert werden.

Von Vorteil ist es außerdem, im Interesse einer genaueren Messung den Abtastzeitpunkt, zu dem der Sonden Spannungswert eingelesen wird, mit einer engen Toleranz festzulegen.

Im folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung.

Fig. 2 veranschaulicht das Zeitraster der Rechnerportansteuerung und die Fig. 3 und 4 zeigen zeitlich korrelierte Diagramme der Meß/Pumpstromimpulse und der dazu jeweils korrespondierenden Sonden spannung. Fig. 5 zeigt eine Sonde mit gepumpter Referenz, bei der die Erfindung besonders vorteilhaft zur Geltung kommt.

Die 1 in der Fig. 1 symbolisiert das Ersatzschaltbild einer Abgassonde mit einer die Nernstspannung  $U_S$  liefernden Spannungsquelle 2 und dem Innenwiderstand  $R_i$  mit der Ziffer 3. Der Sonde parallel geschaltet ist eine Reihenschaltung aus einer Spannungsquelle 4, die etwa die halbe Nernstspannung der Sonde, d. h. etwa 450 mV liefert und einem Widerstand 5, der etwa dem Wert des Sondeninnenwiderstandes beim Einsetzen der Betriebsbereitschaft infolge zunehmender Erwärmung der Sonde entspricht. Der Pluspol der Sonde ist über einen Analog/Digital-Wandler 6 auf einen Rechneingang 7 geführt. Weiterhin ist der Pluspol über einen Meß- oder Belastungswiderstand RBEL 8 und einen Rechnerport 9 mit einer Versorgungsspannungsquelle von bspw. 5 Volt geführt. Der Rechnerport öffnet oder schließt die genannte Verbindung durch das rechnerinterne Signal Bripuv, dessen zeitlicher Verlauf in Fig. 2 als Beispiel dargestellt ist. Danach wird die Verbindung über den Port bspw. periodisch alle 5 Sekunden für eine Dauer von 10 ms geschlossen.

Dieses Zeitraster beruht auf folgendem Hintergrund: Die Erfassung des Sonden signals findet in einem Zeitraster von 10 ms statt. Demzufolge ist es zweckmäßig, alle 3 bis 5 s eine Belastungsmessung vorzunehmen, indem der Rechnerport die genannte Verbindung für ca. 10 ms schließt. Bei diesem Zeitraster wirkt sich die Zahl der Ausfälle regulärer Messungen nicht negativ aus.

Bild 3 zeigt den Spannungsverlauf der resultierenden Sonden spannung (Kurve 1), die dem ADC zugeführt wird, zusammen mit dem Verlauf des Meß-, Belastungs- oder Pumpimpulses (Kurve 2) und einer Kurve 3, aus der sich der Meßzeitpunkt ablesen läßt. Die Werte sind für eine neue Sonde bei einem Innenwiderstand von 240 Ohm aufgenommen worden. Kurve 1 zeigt bei der Belastung durch den Meßimpuls zunächst ein ohmsches Verhalten in Form eines Spannungssprungs und danach ein mit einer e-Funktion ansteigendes, kapazitives Verhalten. Hieraus ergibt sich, daß der Meßzeitpunkt einen erheblichen Einfluß auf die  $R_i$ -Aussage hat, je nachdem, ob der Sonden Spannungswert gegen Anfang oder Ende des Meßimpulses eingelesen wird. Es ist daher im Interesse einer genaueren Messung vorteilhaft, den Abtastzeitpunkt 3a, zu dem der Sonden Spannungswert eingelesen wird, mit einer engen Toleranz festzulegen. Als bester

Zeitpunkt hat sich bei Versuchen ein Meßzeitpunkt von etwa 3 ms nach Beginn des Prüfimpulses herausgestellt.

Idealerweise wäre nur die Höhe des proportionalen Sprunges zu messen. Dieses Vorgehen ist im praktischen Betrieb jedoch nicht möglich, da das Sondersignal ggf. zur Unterdrückung elektromagnetischer Störeinstrahlungen vorgefiltert wird, so daß die Einschwingzeit dieser Filterung abzuwarten ist, bevor der Meßwert aufgenommen wird.

**Bild 4** zeigt die Verläufe aus der **Fig. 3** für einen deutlich höheren Innenwiderstand (2,4 kOhm), also für eine kältere Sonde.

Aus beiden Sonderspannungskurven ersichtlich ist eine Erholungszeit, die Sonde nach dem Abschalten des Meßimpulses benötigt, um ihr vorheriges Potential wieder zu erreichen. Vor dem Hintergrund dieses Wiederholungseffektes kann es sinnvoll sein, ca. 30 ms lang keine Sonderspannungsmessungen vorzunehmen oder diese ggf. zu korrigieren.

Der zu ermittelnde Innenwiderstand ist proportional zu dem Produkt aus dem Widerstand RBEL mit dem Quotienten der Differenz der belasteten und der unbelasteten Sonderspannung im Zähler und der Differenz der Versorgungsspannung (bspw. 5 Volt) und der belasteten Sonderspannung.

**Fig. 5** zeigt eine Sonde mit gepumpter Referenz als Beispiel einer besonders vorteilhaften Anwendung der Erfindung.

**Fig. 5** zeigt im Schnitt eine Abgassonde 5.2 in einem Abgasrohr, von dem eine Wand 5.1 dargestellt ist. Diese Wand trennt das Abgas einer Brennkraftmaschine (links) von der Umgebungsluft (rechts). Die Abgassonde weist in ihrem abgasseitigen Teil einen Festelektrolyten 5.3 zwischen einer dem Abgas ausgesetzten Meßelektrode 5.4 und einer Referenzelektrode 5.5 auf. Ein mit der Meßelektrode 5.5 in Verbindung stehendes Referenzgasvolumen 5.6 steht weder mit dem Abgas noch mit der Umgebungsluft in direktem Kontakt. Ein sich evtl. aufbauender Überdruck im Referenzgasvolumen wird über eine indirekte Verbindung zur Umgebungsluft, bspw. durch eine porös ausgeführte Meßzuleitung 5.10, abgebaut.

Für die Aufrechterhaltung einer stabilen Referenzgasatmosphäre ist es wesentlich, daß im zeitlichen Mittel die Zufuhr von Sauerstoff durch den Pumpstrom  $I_p$  die auftretenden Verluste an Sauerstoff übertrifft. Solche Verluste treten durch die Messung der Spannung  $U_S = U_N$  zwangsweise dann auf, wenn die Spannungsmessung auf eine Strommessung über einen Meßwiderstand zurückgeführt wird. Im Bereich der Messung von Spannungen in der Größenordnung einer Ausgangsspannung  $U_N$  einer Abgassonde von einem Volt werden typischerweise Meßwiderstände im Megaohm-Bereich verwendet. Als Folge fließt ein Meßstrom im Mikroampere-Bereich. Im Elektrolyten wird dieser Strom von Sauerstoffionen aus dem Referenzgasvolumen getragen, so daß sich die Sauerstoffkonzentration im Referenzgasvolumen durch die Messung verringert.

Der Meßimpuls kann bezüglich seiner Höhe und zeitlichen Ausdehnung so bemessen werden, daß er im zeitlichen Mittel den erforderlichen Pumpstrom liefert.

Ein alle 200 ms erfolgender Meßimpuls von 1 mA für 10 ms bewirkt einen zeitlich gemittelten Pumpstrom von 25 MikroA, wie er für typische Kfz-Anwendungen ausreichend ist.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung des Innenwiderstandes einer Lambdasonde mit einem Pluspol,
  - einem Rechner, der wenigstens einen Rechnerport mit veränderbarem Schaltzustand und einen Signaleingang besitzt und der aus den variablen, an seinem Signaleingang anliegenden Werten und weiteren fest vorgegebenen Werten den Innenwiderstand der Lambdasonden berechnet,
  - mit einer Spannungsquelle, deren Pluspol über den Rechnerport und einen Meßwiderstand mit dem Pluspol der Lambdasonde verbunden ist,
  - und mit einer direkten elektrischen Verbindung des Pluspols der Lambdasonde mit einem dem Signaleingang des Rechners vorgeschalteten Analog/Digitalwandler.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaltzustand des Rechnerports in einem vorgegebenen Zeitraster periodisch verändert wird, so daß die Verbindung der Pluspole der Spannungsquelle und der Lambdasonde periodisch geöffnet und geschlossen wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Lambdasonde eine Reihenschaltung aus einer Spannungsquelle und einem Widerstand parallel geschaltet ist, wobei die Spannungsquelle eine Quellspannung von etwa der halben Nernstspannung der Lambdasonde und der Widerstand etwa dem halben Wert des Innenwiderstandes der betriebswarmen Lambdasonde entspricht.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Versorgungsspannung und Belastungswiderstand so gewählt werden, daß sich eine die Leistungsfähigkeit des Rechnerports berücksichtigende Meßstromstärke von 0,5 bis 1 mA ergibt.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Port alle 3 bis 5 s für eine Zeitdauer von etwa von 5 bis 20 ms geschlossen wird.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Port bei Sonden mit gepumpter Referenz so gesteuert wird, daß die Dauer des Belastungsimpulses für die getaktete Nachlieferung von Sauerstoff zur Referenzgasatmosphäre ausreicht.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Port so geöffnet und geschlossen wird, daß sich im zeitlichen Mittel ein Pumpstrom von 10 bis 50 MikroA einstellt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Port etwa alle 200 ms für eine Zeitdauer von 5 bis 20 ms geschlossen wird.
9. Verfahren zur Bestimmung des Lambdasondeninnenwiderstandes mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zu ermittelnde Innenwiderstand als proportional zu dem Produkt aus dem Widerstand RBEL mit dem Quotienten der Differenz der belasteten und der unbelasteten Sonderspannung im Zähler und der Differenz der Versorgungsspannung (bspw. 5 Volt) und der belasteten Sonderspannung errechnet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die belastete Sonderspannung im Ab-

tastzeitpunkt 3a eingelesen wird, wobei der Abtastzeitpunkt etwa 1 bis 5 ms nach Beginn des Prüfpulses liegt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

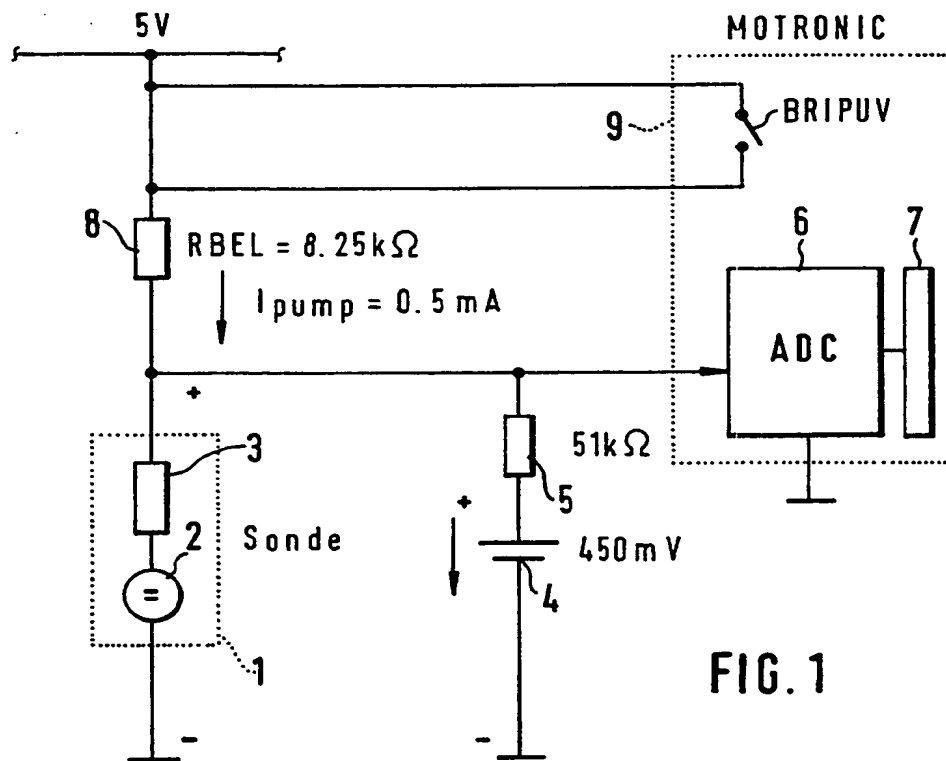


FIG. 1

Zeitdiagramm Strom - Pumpe :

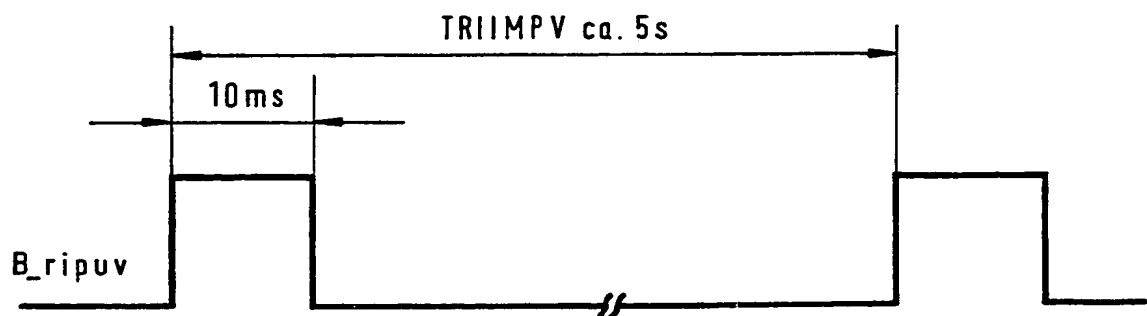


FIG. 2

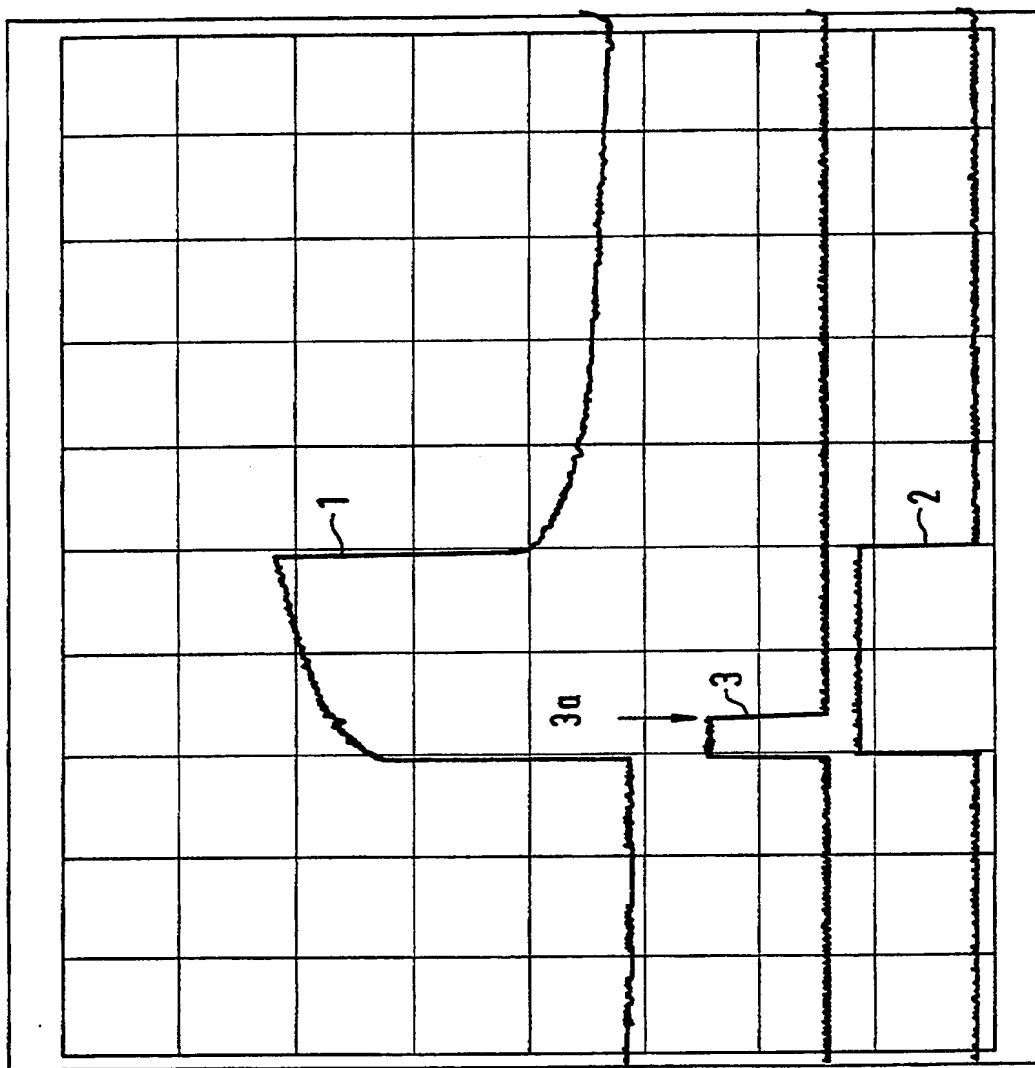


FIG. 3